



PATENT

Case Docket No. KOBAY17.001AUS.  
Date: May 19, 20032874  
57

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s) : Matsushita, et al.  
Appl. No. : 10/062,189  
Filed : January 30, 2002  
For : PUMP LIGHT SOURCE  
DEVICE FOR OPTICAL  
RAMAN AMPLIFICATION  
AND OPTICAL RAMAN  
AMPLIFICATION SYSTEM  
USING THE SAME

I hereby certify that this correspondence and all  
marked attachments are being deposited with the  
United States Postal Service as first class mail in an  
envelope addressed to: Commissioner for Patents,  
PO Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on

May 19, 2003  
(Date)  
Mark M. Abumeri, Reg. No. 43,458

Examiner : Unassigned

Group Art Unit : 2874

## TRANSMITTAL LETTER

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

RECEIVED  
JUN 02 2003  
GROUP 3600

RECEIVED  
MAY 23 2003  
TECHNOLOGY CENTER 2800

Dear Sir:

Enclosed for filing in the above-identified application are:

- (X) Certified Priority Document for Japanese Patent Application having application number JP2001-022620, filed January 31, 2001.
- (X) The Commissioner is hereby authorized to charge any additional fees which may be required, or credit any overpayment, to Account No. 11-1410.
- (X) Return prepaid postcard.

Mark M. Abumeri  
Registration No. 43,458  
Attorney of Record



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 1月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-022620

[ST.10/C]:

[JP2001-022620]

出 願 人

Applicant(s):

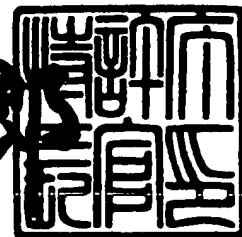
古河電気工業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2003年 4月11日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一



【書類名】 特許願

【整理番号】 A00577

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 3/094

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

    【氏名】 松下 俊一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内

    【氏名】 江森 芳博

【特許出願人】

    【識別番号】 000005290

    【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

    【代表者】 古河 潤之助

    【電話番号】 045-311-1220

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 005267

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ラマン光増幅用励起光源装置およびそれを用いたラマン光増幅システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起装置において、2つの光源と、2つの光を入力しこれらの光を合成して出力する偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、入力した光を非偏光化して出力する非偏光化装置とで構成され、上記2つの光源から出力された光を偏波合成器または偏波保持型光合成器に入力して合成された複合光を出力させ、この複合光を非偏光化装置に入力して偏光度が減少された光を出力するようにしたことを特徴とするラマン光増幅用励起光源装置。

【請求項 2】 光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起光源装置において、複数組みの2つの光源と、複数組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、複数組みの非偏光化装置と、さらに複数の光を合成する光合成器とからなり、各組みの2つの光源から出力された光をそれぞれ各組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器に入力して偏光が互いに直交又は入力時の偏光を維持している各組み毎の複合光を出力させ、この各組み毎の複合光をそれぞれ各組みの非偏光化装置に入力して偏光度が減少された各組み毎の非偏光化光を出力し、この各組み毎の非偏光化光を光合成器で合成して出力することを特徴とするラマン光増幅励起光源装置。

【請求項 3】 光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起光源装置において、複数組みの2つの光源と、複数組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、1個の非偏光化装置と、複数の光を合成する1個の偏波合成器又は偏波保持型光合成器とからなり、各組みの2つの光源から出力された光をそれぞれ各組み毎の偏波合成器又は偏波保持型光合成器に入力して偏光が互いに直交又は入力時の関係を維持している各組み毎の複合光を出力させ、この各組み毎の複合光を偏波合成器又は偏波保持型光合成器で合成した後、非偏光化装置に入力して偏光度が減少された光

を出力することを特徴とするラマン光増幅励起光源装置。

【請求項 4】 光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起光源装置において、1 又は複数組みの 2 つの光源と、これとは別の 1 又は複数の個別光源と、1 又は複数組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、複数組みプラス個別光源の個数分の非偏光化装置と、さらに複数の光を合成する光合成器とからなり、各組みの 2 つの光源から出力された光をそれぞれ各組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器に入力して偏光が互いに直交又は入力時の関係を維持している各組み毎の複合光を出力させ、この各組み毎の複合光をそれぞれ各組みの非偏光化装置に入力して偏光度が減少された各組み毎の非偏光化光を出力するとともに、個別光源からの光をそれぞれ非偏光化装置に入力して偏光度が減少された非偏光化光を出力し、この各組み毎の非偏光化光及び個別光源からの非偏光化光を光合成器で合成して出力することを特徴とするラマン光増幅励起光源装置。

【請求項 5】 光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起光源装置において、1 組又は複数組みの 2 つの光源と、これとは別の 1 又は複数の個別光源と、複数組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、複数の光を合成する 1 個の偏波保持型光合波器と、1 個の非偏光化装置とからなり、各組みの 2 つの光源から出力された光をそれぞれ各組み毎の偏波合成器又は偏波保持型光合成器に入力して偏光が互いに直交又は入力時の関係を維持している各組み毎の複合光を出力させ、この各組み毎の複合光と個別光源から出力された光とを偏波保持型光合成器で合成した後、非偏光化装置に入力して偏光度が減少された光を出力することを特徴とするラマン光増幅励起光源装置。

【請求項 6】 非偏光化装置は互いに直交している面で異なる屈折率を有する複屈折部材からなり、偏波合成器又は偏波保持型光合成器から出力された複合光の各光の偏波面と前記複屈折部材の光学主軸とが互いに 45 度となるように配置され、複屈折部材内で複合光を非偏光化するようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 に記載のラマン光増幅用励起光源装置。

【請求項 7】 複屈折部材はルチルであることを特徴とする請求項 6 記載のラマ

ン光増幅用励起光源装置。

【請求項 8】 複屈折部材は方解石であることを特徴とする請求項 6 記載のラマン光増幅用励起光源装置。

【請求項 9】 複屈折部材は偏波保持光ファイバであることを特徴とする請求項 6 記載のラマン光増幅用励起光源装置。

【請求項 10】 非偏光化装置は、長さが 1 : 2 以上異ならせた 2 つの複屈折光ファイバが互いの光学主軸を 4 5 度異ならせて接続された L Y O T 型非偏光化装置であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 に記載のラマン光増幅用励起光源装置。

【請求項 11】 非偏光化装置の入力側の光学経路、非偏光化装置の出力側の光学経路、又は非偏光化装置の内部のいずれか 1 つ又は複数に光アイソレータが介在していることを特徴とする請求項 1 乃至 10 記載のいずれか 1 に記載のラマン光増幅用励起光源装置。

【請求項 12】 信号光を発する送光局と、その信号光を受光する受光局と、送光局からの信号光を受光局に伝播させる光ファイバと、光ファイバ内に励起光を導入させて光ファイバ内で誘導ラマン散乱を生じさせて前記信号光をラマン光増幅させるラマン光増幅励起光源装置とからなる光増幅システムにおいて、ラマン光増幅励起光源装置は請求項 1 乃至 10 の何れかで構成されていることを特徴とするラマン光増幅システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は誘導ラマン散乱現象を利用して信号光を光ファイバ内で光増幅させるための光増幅器用励起光源装置及びそれを用いた光増幅システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

一般にラマン光増幅システムは、図 11 に示すように、光送信局 1 から出力された光信号 2 が光ファイバなどの光伝送路 3 を介して光受信局 4 に導かれる際に、光伝送路 3 内で減衰した光信号 2 を光受信局 4 の受信に必要な光信号レベルと

なるように、光伝送路 3 の間またはその端部に光増幅装置 5 を配置して光信号を光増幅するシステムである。

【0003】

光送信局 1 では、伝送しようとする電気情報を光信号に変換し光伝送路 3 に出力する。光信号は伝送しようとする情報の電気信号を信号光源となる半導体レーザ素子等に直接印加することによって、または信号光源の後に外部変調器を介在させて信号光源から発振された光を電気信号によって変調して作成される。

【0004】

光受信局 3 では光伝送路 3 を伝播した信号光 2 をフォトダイオード等の光-電気変換器により電気信号に変換し、光送信局 1 から送信された情報を復調し、情報を読み取る。

【0005】

ラマン光増幅装置 5 は、図 10 に示すように、前記光伝送路 3 の一部となるラマン光増幅媒体 31 の端部から光カプラ 6 を介して励起光源装置 7 からの励起光をラマン光増幅媒体 31 内に入力し、ラマン光増幅媒体 31 内で誘導ラマン散乱を発生させて光信号 2 をラマン光増幅させる。励起光の波長は、光送信局 1 から発せられた光信号 2 の波長よりも約 20～200 nm 短波長のものが選ばれる。

【0006】

ラマン光増幅媒体 31 内で得られるラマン利得は、励起光の偏波状態と信号光 2 の偏波状態の相互関係に強く依存する。例えば、励起光の偏波が直線偏波の場合（通常半導体レーザ素子（LD）から出射されるレーザ光は直線偏波状態を有する）、信号光 2 が励起光の偏波に平行な直線偏波であればラマン光増幅利得は増大し、信号光 2 が励起光の偏波に垂直な直線偏波であれば減少する。この現象は利得の偏波依存性（PDG (Polarization Dependent Gain)）と呼ばれ、ラマン光増幅器のビット・エラー・割合を悪化させる原因になる。

【0007】

上記のように、ラマン光増幅媒体 31 中で、励起光もしくは信号光 2 の偏波状態が時間的に変動すると、利得も時間的に変動する。この利得の変動は情報伝送上好ましくない。

このため、従来は、励起光源装置 7 内に一波長当たり 2 個以上の LD と偏波合成器を用い、それぞれの偏波が互いに直交するように偏波合成を行ってラマン光増幅媒体 3 1 に入力させ、ラマン光増幅利得の偏波依存性を解消していた。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

従来、励起光の偏波依存性を解消するために、同一発振波長の半導体レーザ素子等の光源からの発振光を偏波状態が直交するように合成しラマン光増幅媒体に入力するか、偏光度を減少させた光をラマン増幅媒体に入力することで、利得の偏波依存性を解消していた。

【 0 0 0 9 】

しかしながら、偏波合成器を用いて同一波長の 2 つの光源からの光を合波する方法では、一方の光源が故障した場合、動作するのが他方の光源のみとなるため、励起光もしくは信号光の偏波状態の時間的な変動によるラマン光増幅利得の時間的な変動が現れ、増幅利得に揺らぎが生じてしまう。

【 0 0 1 0 】

また、偏光度を減少させた光を利得媒体に入力する方法では、異なる波長をもつ複数の光源からの出力を合波する場合、以下の問題が発生する。1. 偏光度が減少しているため偏波合成をすることが難しく、偏波合成を行う際ある特定の偏波状態の光のみを選択するため、出力強度が減少し偏光度が上昇する。2. PLC や AWG を用いる場合、光源の波長間隔が制限され、結合効率を上げるため光源のスペクトル線幅も制限される。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

本発明は係る点に鑑みなされたもので、その目的は、同一又は波長の異なる 2 つの光源から出力された光を偏波合成器で合成し、その後、非偏光化装置を介して 2 つの励起光の偏光度を一度に減少させることで、同一波長の光源のうち 1 台が故障した場合においてもラマン光増幅利得の偏波依存性を解消し、利得を安定させたラマン光増幅装置を提供するし、単一波長の光源を 1 台のみで使用する場合においてもラマン増幅利得の偏波依存性を解消し、利得を安定させたラマン光



増幅器を提供することができる。また、異なる波長の光源からの出力を合波させる場合、光源の波長間隔やスペクトル線幅の制限を受けずに合波させることが可能となる。更に、部品点数を減らすことで、簡素化された装置を提供する目的もある。

#### 【 0 0 1 2 】

請求項1の発明は、光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起光源装置において、2つの光源と、2つの光を入力しこれらの光を合成して偏光状態が互いに直交している合成光を出力する偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、入力した光を非偏光化して出力する非偏光化装置とで構成され、上記2つの光源から出力された光を偏波合成器又は偏波保持型光合成器に入力して偏波面が互いに直交している又は入力の状態を維持している複合光を出力させ、この複合光を非偏光化装置に入力して偏光度が減少された光を出力するようにしたことを特徴とする。

#### 【 0 0 1 3 】

請求項2の発明は、光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起光源装置において、複数組みの2つの光源と、複数組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、複数組みの非偏光化装置と、さらに複数の光を合成する光合波器とからなり、各組みの2つの光源から出力された光をそれぞれ各組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器に入力して偏波が互いに直交している又は入力の状態を維持している各組み毎の複合光を出力させ、この各組み毎の複合光をそれぞれ各組みの非偏光化装置に入力して偏光度が減少された各組み毎の非偏光化光を出力し、この各組み毎の非偏光化光を光合成器で合成して出力することを特徴とする。

#### 【 0 0 1 4 】

請求項3の発明、光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起光源装置において、複数組みの2つの光源と、複数組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、1個の非偏光化装置と、複数の光を合成する1個の偏波保持型光合波器とからなり、各組みの2つの光源から出力された光をそれぞれ各組み毎の偏波合成器又は偏波保

持型光合成器に入力して偏波が互いに直交している又は入力の状態を維持している各組み毎の複合光を出力させ、この各組み毎の複合光を偏波保持型光合成器で合成した後、非偏光化装置に入力して偏光度が減少された光を出力することを特徴とする。

## 【 0 0 1 5 】

請求項 4 の発明は、光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起光源装置において、1 又は複数組みの 2 つの光源と、これとは別の 1 又は複数の個別光源と、1 又は複数組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、複数組みプラス個別光源の個数分の非偏光化装置と、さらに複数の光を合成する光合波器とからなり、各組みの 2 つの光源から出力された光をそれぞれ各組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器に入力して偏波が互いに直交している又は入力の状態を維持している各組み毎の複合光を出力させ、この各組み毎の複合光をそれぞれ各組みの非偏光化装置に入力して偏光度が減少された各組み毎の非偏光化光を出力するとともに、個別光源からの光をそれぞれ非偏光化装置に入力して偏光度が減少された非偏光化光を出力し、この各組み毎の非偏光化光及び個別光源からの非偏光化光を光合成器で合成して出力することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】 請求項 5 の発明は、光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起光源装置において、1 又は複数組みの 2 つの光源と、これとは別の 1 又は複数の個別光源と、複数組みの偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、複数の光を合成する 1 個の偏波保持型光合波器と、1 個の非偏光化装置とからなり、各組みの 2 つの光源から出力された光をそれぞれ各組み毎の偏波合成器又は偏波保持型光合成器に入力して偏波が互いに直交している又は入力の状態を維持している各組み毎の複合光を出力させ、この各組み毎の複合光と個別光源から出力された光とを偏波保持型光合成器で合成した後、非偏光化装置に入力して偏光度が減少された光を出力することを特徴とする。

## 【 0 0 1 7 】

請求項 6 の発明は、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 において、非偏光化装置は互

いに直交する面で異なる屈折率を有する複屈折部材からなり、偏波合成器又は偏波保持型光合成器から出力された複合光の各光の偏波と前記複屈折部材の主軸とが互いに45度となるように配置され、複屈折部材内で複合光を非偏光化するようにしたことを特徴とする。

## 【0018】

請求項7の発明は、請求項6において、複屈折部材はルチルであることを特徴とする。

## 【0019】

請求項8の発明は、請求項6において、複屈折部材は方解石であることを特徴とする。

## 【0020】

請求項9の発明は、請求項6において、複屈折部材は偏波保持光ファイバであることを特徴とする。

## 【0021】

請求項10の発明は、請求項1乃至9のいずれかにおいて、非偏光化装置は、長さが1:2以上異ならせた2つの複屈折光ファイバが互いの主軸を45度異ならせて接続されたLYOT型非偏光化装置であることを特徴とする。また、偏波合波器又は偏波保持光合成器の出力に偏波保持光ファイバを利用した場合、該Lyot型非偏光化装置の2本の複屈折光ファイバとして該出力用偏波保持光ファイバを利用することも可能である。

## 【0022】

請求項11の発明は、非偏光化装置の入力側の光学経路、非偏光化装置の出力側の光学経路、又は非偏光化装置の内部のいずれか1つ又は複数に光アイソレータが介在していることを特徴とする請求項1乃至10記載のいずれか1に記載されていることを特徴とする。

## 【0023】

請求項12の発明は、信号光を発する送光局と、その信号光を受光する受光局と、送光局からの信号光を受光局に伝播させる光ファイバと、光ファイバ内に励起光を導入させて光ファイバ内で誘導ラマン散乱を生じさせて前記信号光をラマ

ン光増幅させるラマン光増幅励起光源装置とからなる光増幅システムにおいて、ラマン光増幅励起光源装置は請求項 1 乃至 1 0 の何れかで構成されていることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施形態】

非偏光化装置は、複屈折を有する方解石、ルチルなどのような結晶体または偏波保持光ファイバなどで構成される。複屈折を有する部材とは、縦方向と横方向とでそれぞれ屈折率が異なり、光の伝播速度がそれぞれ異なるものである。

【 0 0 2 5 】

偏波合成器または偏波保持型光合成器は、2本の偏波保持光ファイバで導かれた光を、偏波が互いに直交の関係になるように合波し又は入力のパラレル状態を保持して合波し1本の出力用光ファイバに出力するものである。複屈折結晶を非偏光化装置に使用する場合は、非偏光化後の光が非偏光化装置内で受ける時間遅延を打ち消さないように出力用光ファイバはシングルモードファイバーを用いることが好ましい。一方で、非偏光化装置に偏波保持光ファイバを使用する場合は、非偏光化の安定のため出力用光ファイバに偏波保持光ファイバを使用することが好ましい。

【 0 0 2 6 】

励起光は一般に InGaAs 系、InGaAsAl 系、GaInAsP 系などの LD によって発せられ、励起波長によって種々のものが選ばれる。

【 0 0 2 7 】

偏波保持光ファイバは、光ファイバと同様に光を伝播させるコアとこれよりも屈折率の小さなクラッドで構成され、更にクラッド内にコアを挟むように応力付与部材が配置されている。応力付与部材は通常熱膨張の大きな材料で構成され、コアに対し引っ張り応力を付与する。この結果、応力付与部材が配置された面とこれに直交する面とで屈折率が異なる、いわゆる複屈折を生じ、それぞれの面で光の伝播速度が異なるようになる。一般にコアが  $\text{GeO}_2 + \text{SiO}_2$ 、クラッドが  $\text{SiO}_2$ 、応力付与部材が  $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$  で構成される。

【 0 0 2 8 】

複屈折部材の屈折率の高い低速軸と、屈折率の小さい高速軸とを伝播する光のモードに結合が起きないと仮定すると、両モードに分配された光はそれぞれ伝播速度が異なるため、複屈折部材の出力端で相対的な時間差つまり時間遅延が生じる。この時間遅延は、両モードを伝播する光の可干渉性を劣化させるため、遅延時間が十分に長い場合、複屈折部材から出力された光を合成すると、偏波状態は微小時間内で激しく変動するようになる。その結果、光の偏光の度合いは入力時に比べて劣化する。

## 【 0 0 2 9 】

偏波の度合いは、偏波成分と非偏波成分との強度の和と、偏波成分の強度との比を百分率で表した D O P (Degree Of Polarization) を用いて表す。D O P の値は光のコヒーレント長と、複屈折部材の高速軸と低速軸を伝播する光の光学距離の差に依存する。光学距離の差は、複屈折部材の長さに依存するため、D O P 値は複屈折部材の長さに関与し、複屈折部材の長さが長くなるに従って偏波成分が徐々に少なくなる。

## 【 0 0 3 0 】

D O P は複屈折部材による遅延時間と光源のコヒーレンス（可干渉性）の関係で決まる。コヒーレンスとは、ある光ビームが自分自身に対して、時間遅延または空間的な横ずらしによって得られる光ビームとの間にどれだけ干渉効果（可干渉性）を持つかを表す尺度である。

## 【 0 0 3 1 】

遅延時間が励起光源のコヒーレンス時間よりも短い場合、両モードの光は可干渉性が高いため複屈折部材の出力端で合成された後の D O P は高い。一方、遅延時間が光源のコヒーレンス時間よりも十分に長い場合、両モードの光の可干渉性が低いため、合成された後の偏光状態は微小時間内で変動する。その結果、出力光の D O P は低下する。

## 【 0 0 3 2 】

式を用いて説明する。L D 光源のコヒーレンス時間は近似的に以下の式で与えられる。

$$\tau_c \cong 1 / \Delta \nu \quad \dots \dots (1)$$

ただし、 $\tau_c$ ：コヒーレント時間、 $\Delta\nu$ ：スペクトルの半値全幅（周波数）。

【0033】

複屈折部材による遅延時間が光源のコヒーレント時間よりも長い場合、DOPが減少するので、以下の関係を満たすときは、光は非偏光状態になる。

$$\tau_c \ll [d(\beta_f - \beta_s)L/d\omega] \quad \dots (2)$$

ただし、 $\beta_f$ 、 $\beta_s$ ：それぞれ高速軸及び低速軸の伝播定数、 $L$ ：複屈折部材長。

【0034】

複屈折部材として方解石を用いて、その長さを変えながらDOPの測定を行った。その測定結果を図9に「●」で示す。複屈折部材による遅延時間差が長くなるにつれて、DOPが減少していることがわかる。図9中で「・」で示す線はLD光のスペクトル半値幅を元に遅延時間差に基づくDOPを計算した結果である。このように測定値は、LD光のスペクトル半値幅を元に遅延時間差とDOPを計算した結果と比較すると良く一致する。

【0035】

【実施例】

図1は本発明における光増幅用の励起光源装置7の構成図を示すものである。図において、71・72は、それぞれ互いに発振波長が異なる半導体レーザ素子、73・74はそれぞれ偏波保持光ファイバ、75は出力用の光伝送路、8は偏波合成器、9は非偏光化装置である。

【0036】

偏波合成器8は、2つの入力端81・82と1つの出力端83を有し、入力端81・82からそれぞれ入力された偏波が互いに90度（ $\pi/2$ ラジアン）異なる光を、その内部に配置されたルチル・方解石等の複屈折部材などを介して出力端83から偏波が互いに $\pi/2$ ラジアン異なる複合光として出力する。半導体レーザ素子71と入力端81、及び半導体レーザ素子72と入力端82はそれぞれ偏波保持光ファイバ73・74により接続され、半導体レーザ素子71・72から発射された励起光がそれぞれ偏波を保持されながら、偏波合成器8の入力端81・82に互いに偏波面が $\pi/2$ ラジアン異なるように導かれる。

【0037】

入力端 8 1・8 2 に入力された両励起光は、前記のように、偏波合成器 8 内の複屈折部材等を介して合成され、出力端 8 3 からそれぞれ偏波面が  $\pi/2$  ラジアン異なるように出力される。出力端 8 3 から出力された偏波面が互いに  $\pi/2$  ラジアン異なる合成励起光は、非偏光化装置 9 を構成する複屈折部材 1 0 に入力するが、この際、図 2 に示すように、互いの励起光の偏波面が複屈折部材 1 0 の光学主軸（高速軸または低速軸の面）と 4 5 度（ $\pi/4$  ラジアン）異なるように結合される。

## 【 0 0 3 8 】

この結果、偏波合成器 8 から出力された複合光は、複屈折部材 1 0 の高速軸及び低速軸にそれぞれ等量ずつ分配されて入力する。また同様に半導体レーザ素子 7 2 から輻射された励起光も複屈折部材 1 0 の高速軸及び低速軸にそれぞれ等量ずつ分配されて入力する。複屈折部材 1 0 に 2 分配されて入力した半導体レーザ素子 7 1・7 2 からの励起光は、複屈折部材 1 0 の低速軸と高速軸とを伝播するが、この際、低速軸と高速軸とを伝播する両者の遅延時間差は半導体レーザ素子 7 1・7 2 から輻射された励起光のコヒーレント時間より大きくなるように複屈折部材 1 0 の長さが選定されている。

## 【 0 0 3 9 】

これにより、複屈折部材 1 0 の高速軸及び低速軸から出力される励起光は互いのコヒーレント性が低下する。

複屈折部材 1 0 から出力された互いにコヒーレント性の低下した励起光はその後、通常の光ファイバで構成された光伝送路 7 5 に出力される。光伝送路 7 5 に導かれた励起光は光伝送路 7 5 を伝播して図 1 0 に示す光カプラ 6 に導かれ、ここで信号光 2 と合成される。これにより、増幅媒体 3 1 内で信号光 2 がラマン増幅される。

## 【 0 0 4 0 】

また半導体レーザ素子 7 1 または 7 2 から出力される励起光は信号光の波長からおよそ 5 0 ～ 2 0 0 nm ほど短波長（望ましくは 1 0 0 nm 程度）の発振光を発振するものを選ばれる。

## 【 0 0 4 1 】

図 3 は本発明の他の実施例を示す構成図であり、複屈折部材 1 0 として複屈折光ファイバ 1 0 a を用いたものである。この場合も、偏波合成器 8 の出力端 8 3 から出力された偏波が、互いに  $\pi/2$  ラジアン異なる複合光の一方の偏波面と、複屈折光ファイバの主軸とが互いに  $\pi/4$  ラジアン異なるように、偏波合成器 8 と複屈折光ファイバとが配置される。

この場合の動作は図 2 の場合となんら変わらない。

#### 【 0 0 4 2 】

図 4 は本発明の更に他の実施例を示す構成図であり、非偏光化装置 9 として、前半部の長さが 1、後半部の長さが 2 倍以上（又はこの逆の 2 以上：1 の割合）の複屈折光伝送路 1 0 b、1 0 c をそれぞれ光学主軸が 4 5 度の角度で融着された形態を有する L Y O T 型非偏光化装置を採用した場合である。この場合、複屈折光伝送路 1 0 b と偏波合成器 8 との偏波を考慮することなく単に光軸を合わせて接続するのみで良い。

#### 【 0 0 4 3 】

なお、上記図 3 及び図 4 の実施例において、複屈折光ファイバ 1 0 a、1 0 c は出力用の光伝送路 7 5 を兼務することも可能である。

また、本発明の上記実施例は複屈折部材としてルチル材を用いた場合を説明したが、本発明は、その他の複屈折部材、例えば方解石等を用いることも可能である。この場合も、上記実施例と同様に偏波合成器 8 から出力される励起光の偏波面と複屈折部材 1 0 の光学主軸とが 4 5 度の成す角を持つように偏波合成器 8 と複屈折部材 1 0 とが配置される。

#### 【 0 0 4 4 】

図 5 は本発明の更に他の実施例を示す構成図である。図は、2 つの半導体レーザ素子 7 1・7 2 からなる光源が複数組み用意され、各組みの光源からの発振光をそれぞれ偏波合成器 8 で合成し、その合成光を非偏光化装置 9 で非偏光化した後、それぞれの非偏光化された合成光を光合波器 1 1 で合成し、出力用の光伝送路 7 5 に出力する例を示している。

#### 【 0 0 4 5 】

図 6 は本発明の更に他の実施例を示す構成図である。図は、2 つの半導体レー



ザ素子 7 1 ・ 7 2 からなる光源が複数組み用意され、各組みの光源からの発振光をそれぞれ偏波合成器 8 で合成し、その各合成光を偏波保持型の光合波器 1 1 で結合した後、非偏光化装置 9 に導いて全体の合成光を一度に非偏光化される例を示している。

## 【 0 0 4 6 】

図 7 は本発明の更に他の実施例を示す構成図である。図は、2 つの半導体レーザ素子 7 1 ・ 7 2 からなる光源が複数組み用意され、さらに独立した半導体レーザ素子 7 6 からなる個別光源とが用意され、各組みの光源からの発振光をそれぞれ偏波合成器 8 で合成し、その合成光を非偏光化装置 9 で非偏光化するとともに、前記個別光源を非偏光化装置 9 で偏光化させ、これら両非偏光化された光を光合波器 1 1 で合成する例を示している。

なお、この実施例においては、個別光源とこれに付随する非偏光化装置 9 とが 1 組みのみ示されているが、本発明はこれらが複数組みであっても良い。

## 【 0 0 4 7 】

図 8 は本発明の更に他の実施例を示す構成図である。図は、2 つの半導体レーザ素子 7 1 ・ 7 2 からなる光源が複数組み用意され、さらに独立した半導体レーザ素子 7 6 からなる個別光源とが用意され、各組みの光源からの発振光をそれぞれ偏波合成器 8 で合成し、この各組みの合成光と個別光源からの発振光を偏波保持型の光合波器 1 1 に入力してこれらの光を合成し、その後、非偏光化装置 9 により非偏光化する例を示している。

なお、この実施例においても前記例と同様に、個別光源とこれに付随する非偏光化装置 9 がそれぞれ 1 組みのみ示されているが、本発明はこれらが複数組みであっても良い。

## 【 0 0 4 8 】

また偏波保持光ファイバ 7 3 ・ 7 4 には、内部に半導体レーザ素子 7 1 ・ 7 2 の発振光にほぼ一致するファイバグレーティングによる光反射層が形成され、半導体レーザ素子 7 1 ・ 7 2 から発振波長の安定化及び発振波長の狭帯域化を図ることもできる。

## 【 0 0 4 9 】

なお、本発明の上記各実施例はいずれも2つの光源からの発振光を合成する際に、偏波合成器を用いて説明したが、本発明は、偏波合成器の一部または全部を偏波保持型光合成器に代えても良い。

【0050】

又、本発明は、非偏光化装置の入力側の光学経路、非偏光化装置の出力側の光学経路、又は非偏光化装置の内部のいずれか1つ又は複数に光アイソレータが介在させることができる。即ち、半導体レーザ素子71・72から出力用の光伝送路75までの光学経路の間に光アイソレータを改善させることができる。、このような構成にすることにより、これよりも後段側の光部品からの光反射による半導体レーザ素子等への悪影響を改善することができる。

【0051】

【発明の効果】

本発明は、偏波合成器又は偏波保持型光合成器を用いて同一又は異なる励起波長の複数の励起光を合成し、その後、励起光を非偏光化することにより、1波長あたり1個の半導体レーザ素子であっても増幅の利得の偏波依存性を解消することが可能となる。この結果、励起用半導体レーザ素子の個数を減らした安価な増幅用励起光源装置及び光増幅システムを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一構成を示す構成図である。

【図2】 本発明の一実施例を示す構成図である。

【図3】 本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図4】 本発明の更に他の実施例を示す構成図である。

【図5】 本発明の更に他の実施例を示す構成図である。

【図6】 本発明の更に他の実施例を示す構成図である。

【図7】 本発明の更に他の実施例を示す構成図である。

【図8】 本発明の更に他の実施例を示す構成図である。

【図9】 偏波の度合いと、複屈折部材の高速軸と低速軸を伝播する光の光学距離の差との関係を示す関係図である。

【図10】 一般的なラマン光増幅用励起光源装置を示す構成図である。

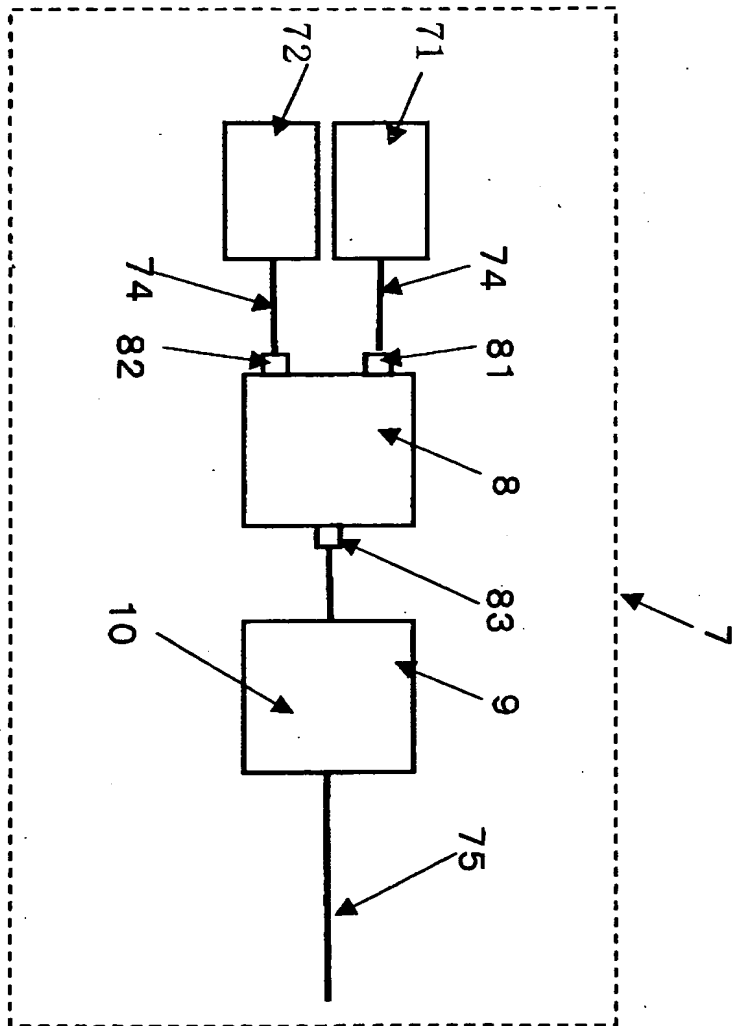
【図 1 1】 一般的なラマン光増幅システムを示す構成図である。

【符号の説明】

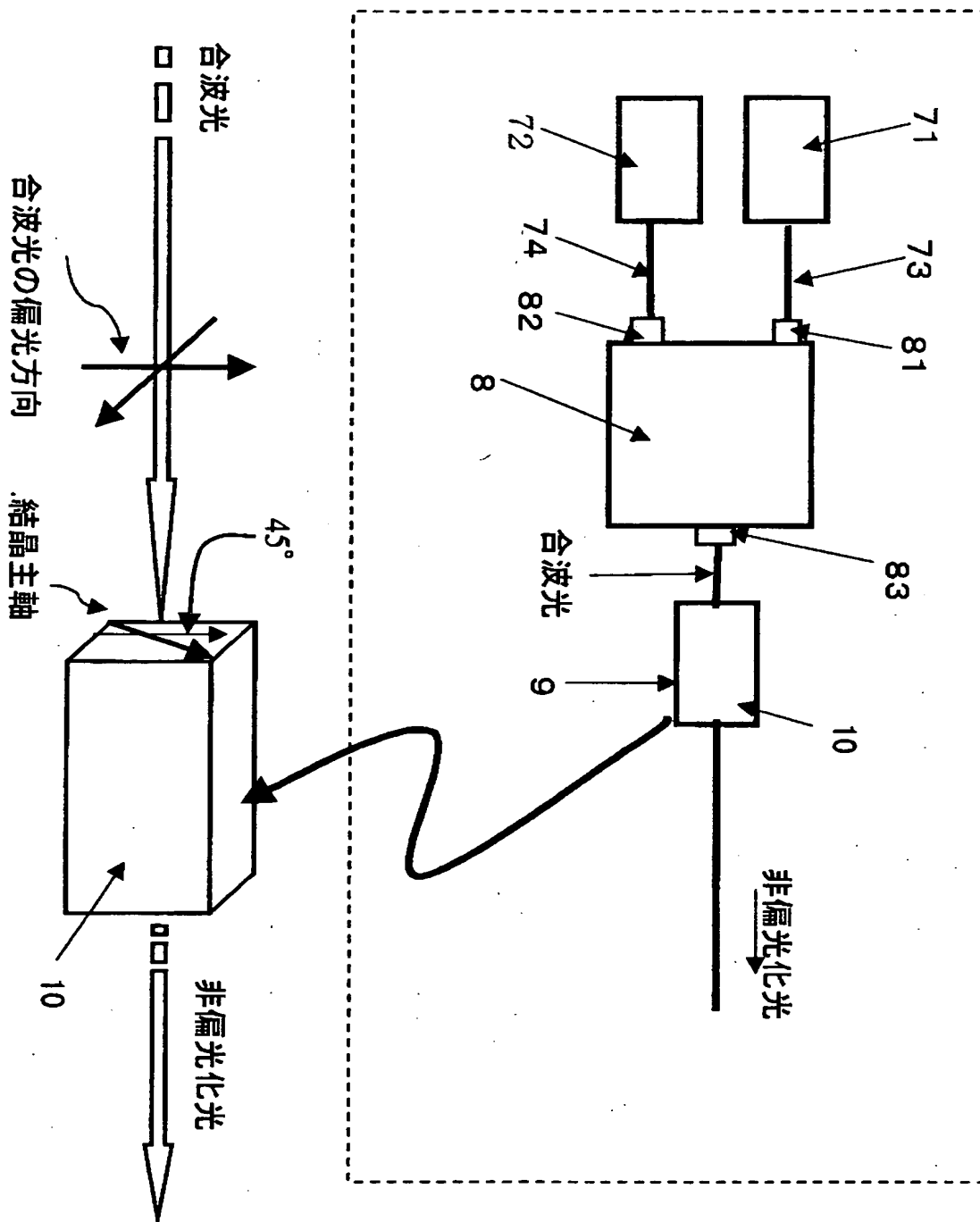
- 1     ・ ・   光送信局
- 2     ・ ・   光信号
- 3     ・ ・   光伝送路
- 4     ・ ・   光受信局
- 5     ・ ・   ラマン増幅器
- 6     ・ ・   光カプラ
- 7     ・ ・   励起光源装置
- 7 1   ・ ・   半導体レーザ素子
- 7 2   ・ ・   半導体レーザ素子
- 7 3   ・ ・   偏波保持光ファイバ
- 7 4   ・ ・   偏波保持光ファイバ
- 7 5   ・ ・   出力用の光伝送路
- 7 6   ・ ・   半導体レーザ素子
- 8     ・ ・   偏波合成器又は偏波保持型光合成器
- 8 1   ・ ・   入力端
- 8 2   ・ ・   入力端
- 8 3   ・ ・   出力端
- 9     ・ ・   非偏光化装置
- 1 0   ・ ・   複屈折部材
- 1 1   ・ ・   光合波器

【書類名】 図面

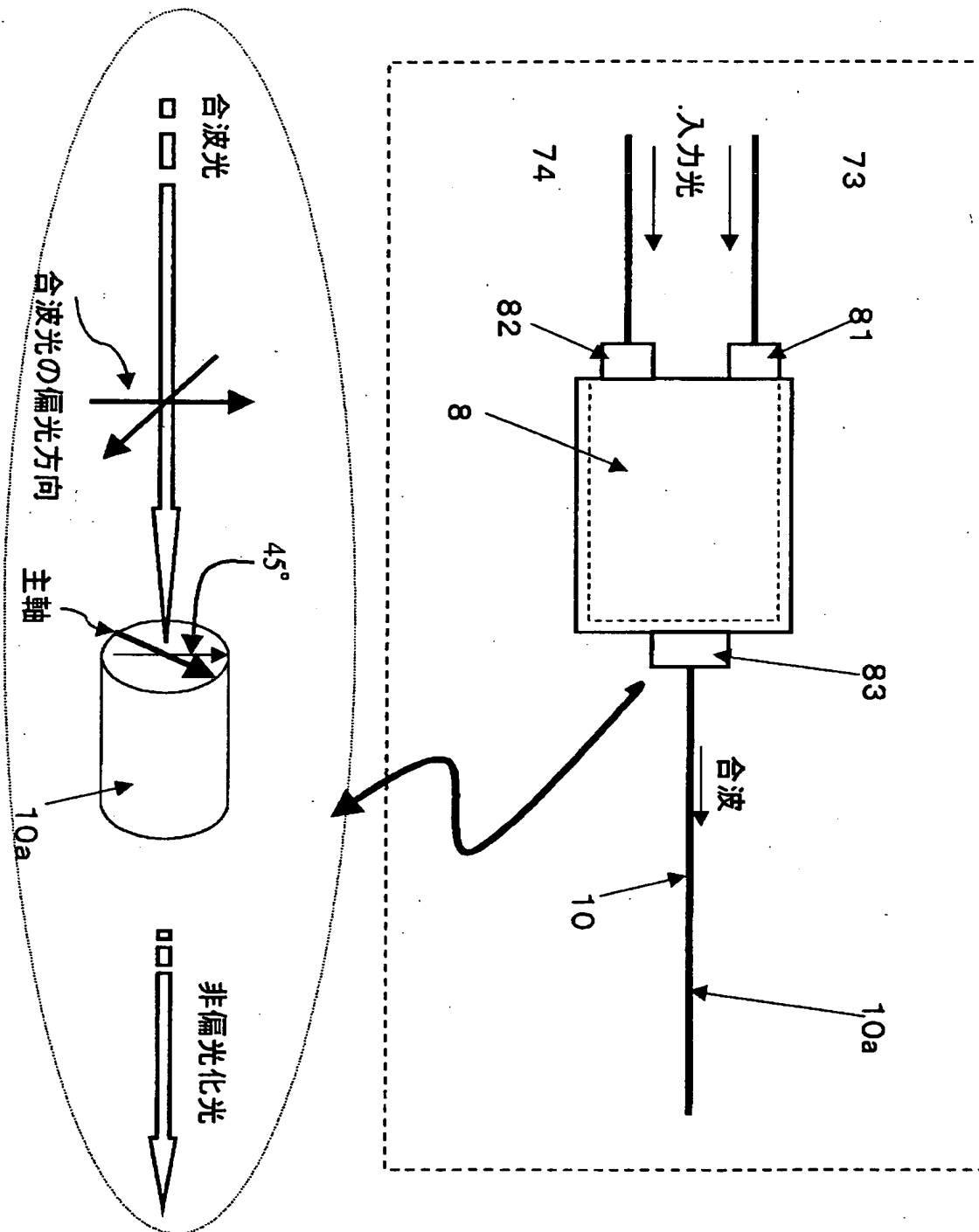
【図 1】



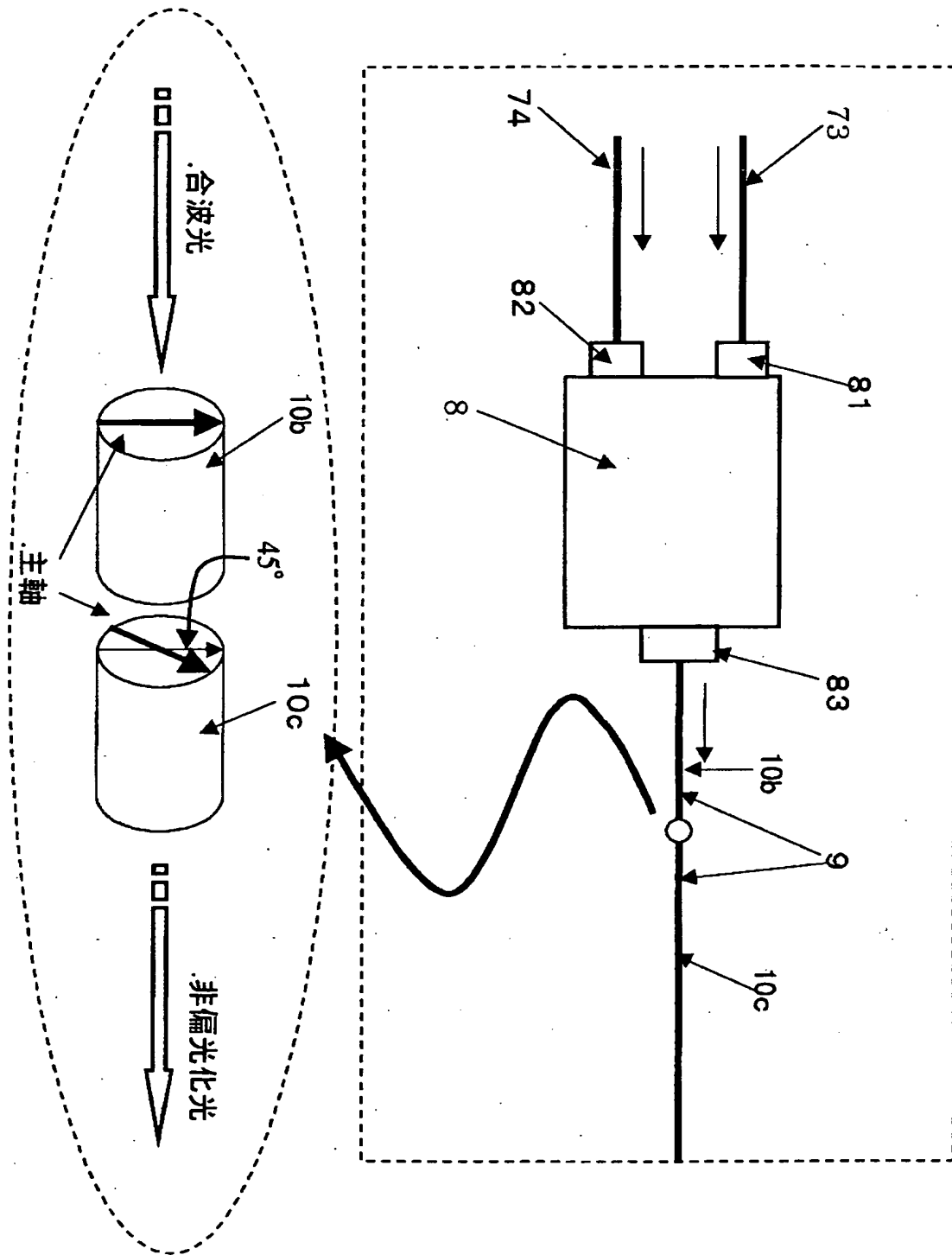
【図2】



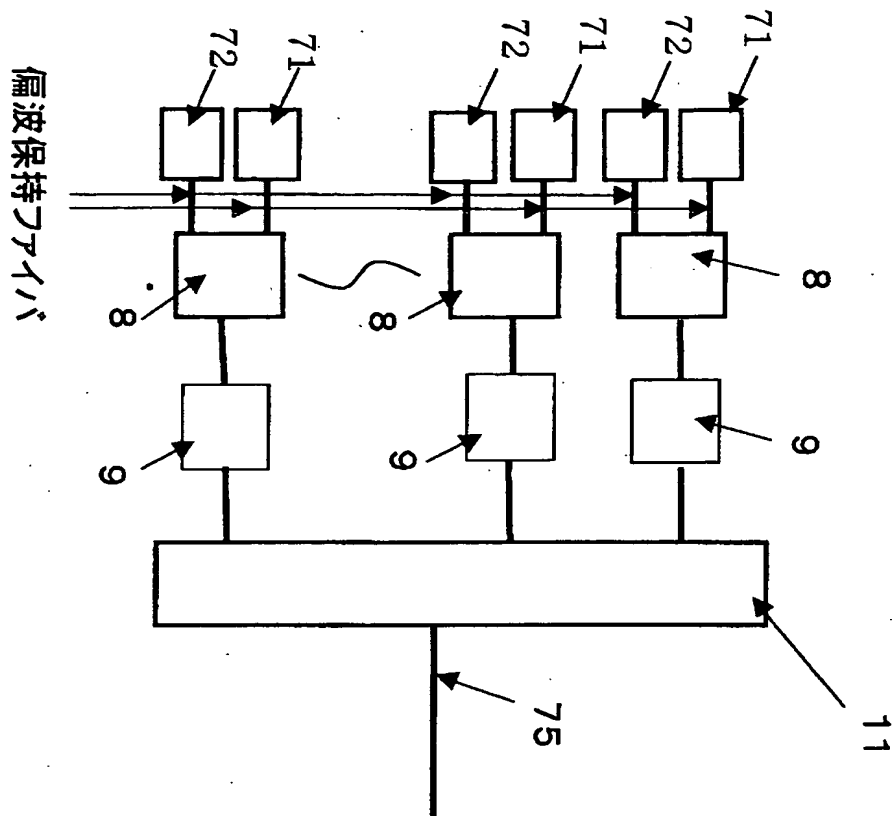
【図 3】



【图 4】

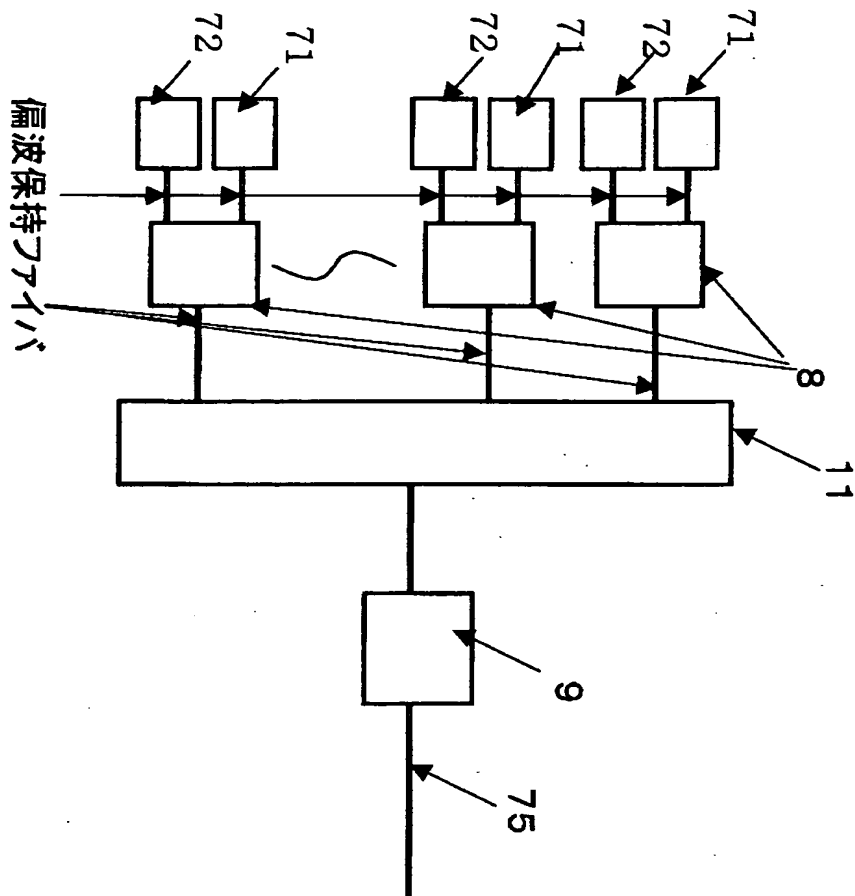


【図5】

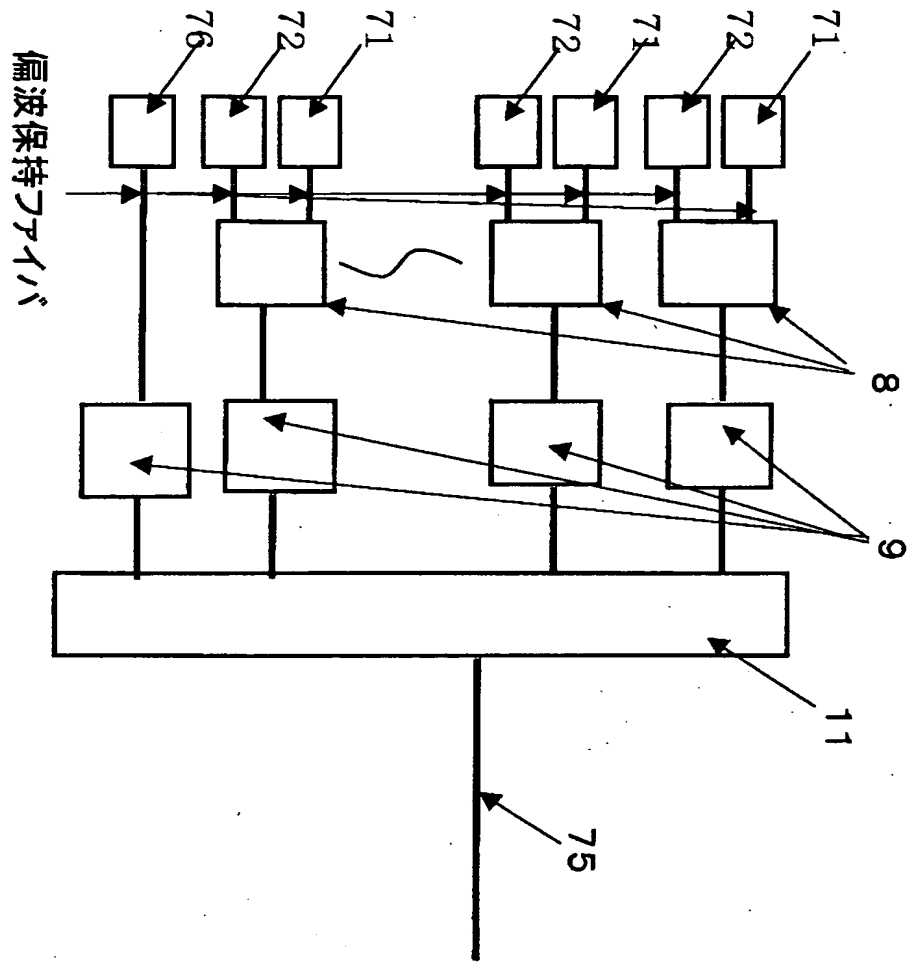




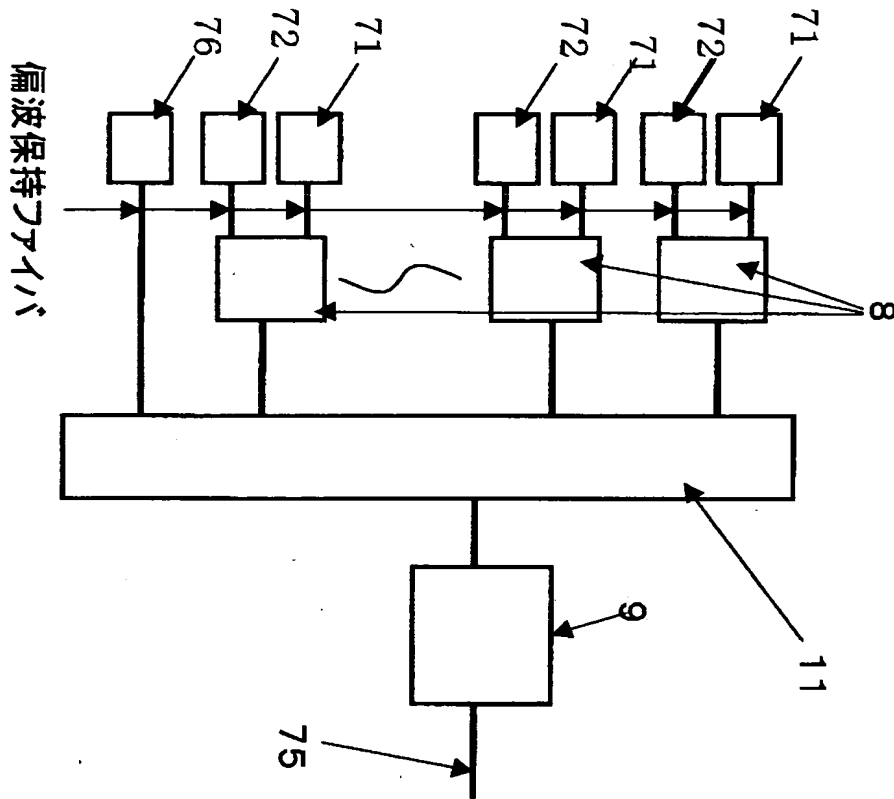
【図 6】



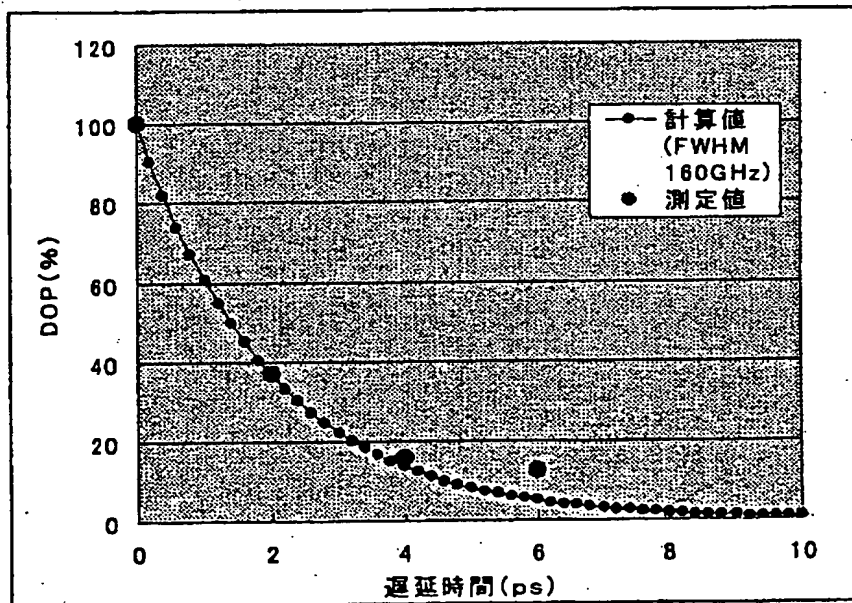
【図 7】



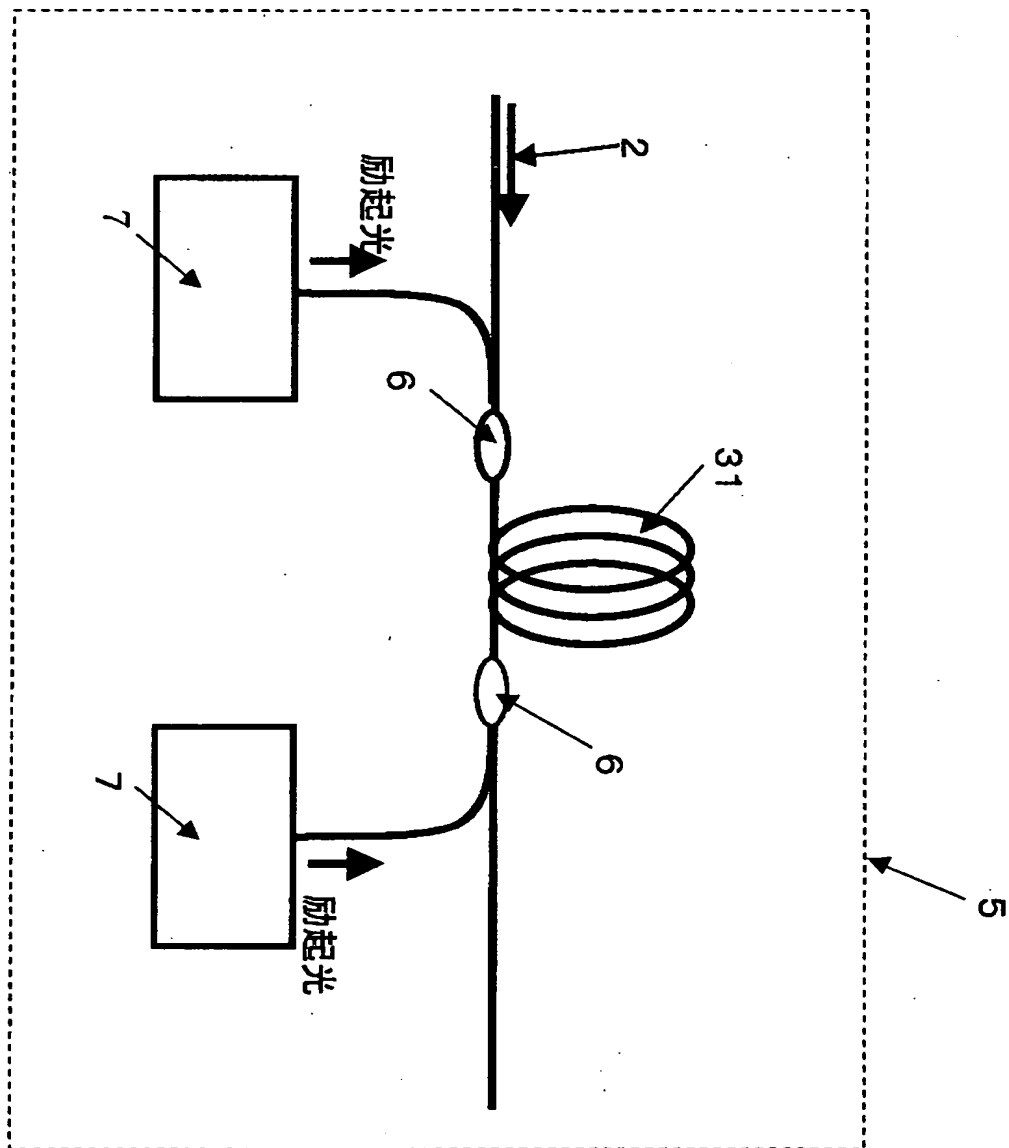
【図 8】



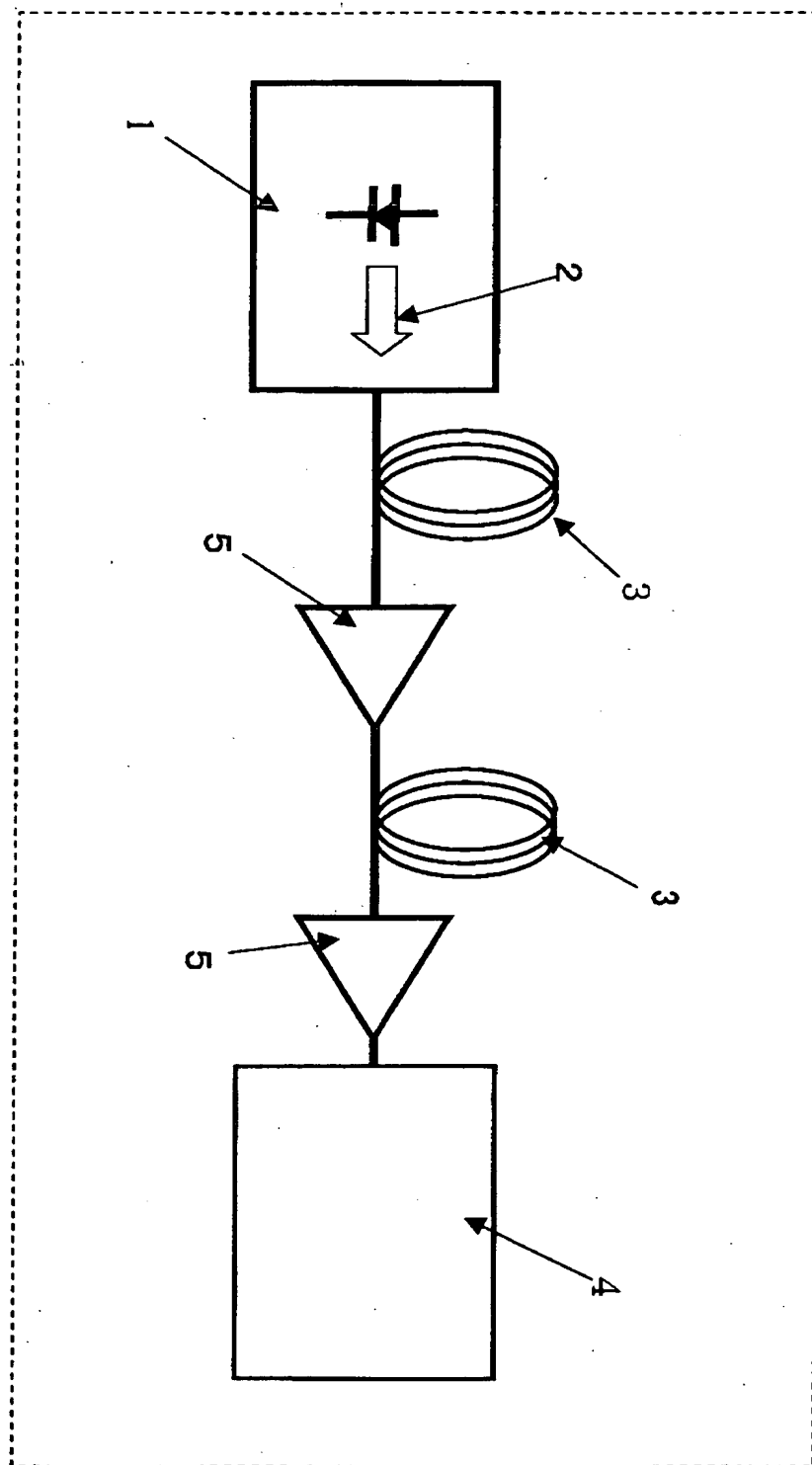
【図 9】



【図10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 励起用半導体レーザ素子を1つにすると、励起光もしくは信号光の偏波の時間的な変動によるラマン増幅利得の時間的な変動が現れる。

【解決手段】 光ファイバ内に導入された信号光を光ファイバ内でラマン光増幅させるための励起光を出力するラマン光増幅用励起装置において、2つの光源と、2つの光を入力しこれらの光を合成して出力する偏波合成器又は偏波保持型光合成器と、入力した光を非偏光化して出力する非偏光化装置とで構成され、上記2つの光源から出力された光を偏波合成器または偏波保持合成器に入力して合成された複合光を出力させ、この複合光を非偏光化装置に入力して偏光度が減少された光を出力するようにしたことを特徴とする。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-022620
受付番号	50100130846
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成13年 2月 1日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 1月31日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005290]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内2丁目6番1号
氏 名	古河電気工業株式会社